

УДК 69.032.22:658.512.4

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.205135

Вибір раціонального управління проектами спорудження висотних будівель

Т. С. Кравчуновська, Є. І. Заяць, В. В. Ковальов, Д. С. Нечепуренко,
К. А. Кірнос

Розроблено підхід до вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель, який забезпечує ефективне використання ресурсів. Такий підхід спрямований на забезпечення економічності, енергоощадності, якості, безпечності та екологічності висотних будівель.

Запропоновано вирішувати такі завдання на основі пошуку раціональних рішень, що найбільше відповідають бажаним (заданим) техніко-економічним характеристикам (показникам), на основі застосування статистичного моделювання проектів як керованих процесів. Разом із цим доцільно враховувати вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів. Для оцінювання рішень відносно цих факторів необхідно відшукати раціональне значення критерію ефективності управління. З позиції замовника (інвестора) в якості одного з таких критеріїв доцільно розглядати мінімум вартості спорудження висотних будівель.

Запропоновано враховувати вплив факторів якості, безпечності, енергоефективності, екологічності, оптимальної експлуатації висотної будівлі. Достатність і суттєвість впливу цих факторів на прийняття раціональних рішень при управлінні проектами висотного будівництва обґрунтовано результатами експертного опитування.

Отримано математичні моделі, які засновані на врахуванні системного впливу визначальних факторів. Ці моделі надають можливість кількісного оцінювання рівня досягнення заданого результату, зокрема за критерієм вартості спорудження висотних будівель, на різних етапах управління проектом.

Одержані результати є актуальними, оскільки дозволяють досягати раціональних значень бажаних показників у конкретних умовах виконання будівельно-монтажних робіт та в межах заданих ресурсних обмежень. Оперуючи прогнозованими оцінками очікуваних результатів, інвестори мають можливість відкоригувати свої цілі та обрати найбільш раціональний варіант реалізації інвестиційно-будівельного проекту

Ключові слова: проект, раціональне управління проектом, критерій ефективності управління, висотне будівництво, ефективне використання ресурсів, організаційно-технологічні, технічні та управлінські фактори

1. Вступ

Розвиток сучасних міст характеризується високою щільністю населення, дефіцитом земельних ділянок для будівництва об'єктів різного функціонального призначення, що, в свою чергу, викликає підвищення вартості вільних ділянок у містах. Це обумовлює підвищення поверховості будівель та ущільнення

міської забудови, а в поєднанні з заходами економії, обумовленої зростанням масштабів будівництва будівель, робить висотні будівлі життєздатною альтернативою сучасній забудові. Разом із цим постає завдання пошуку територіальних резервів для будівництва. В більшості великих міст такими резервами можуть стати деградовані промислові зони, при реконструкції яких, зі зміною їх функціонального призначення, можуть бути отримані сучасні будівлі [1–3].

Сучасні концепції стійкого розвитку і компактних міст визначають тенденції подальшого зростання поверховості будівель [4].

Управління проектом спорудження висотних будівель може розглядатись як процес переходу з початкового стану (стану незадоволеної потреби в приміщеннях певного функціонального призначення з конкретними кількісними та якісними характеристиками) в кінцевий стан (стан задоволених потреб щодо кількості та якості) в умовах заданих ресурсних обмежень.

При цьому проект спорудження висотних будівель як об'єкт управління перебуває під такими діями і впливами:

- вимоги щодо результатів, а також до способів їх досягнення;
- умови реалізації проекту;
- ресурсні обмеження;
- ризики;
- зовнішні впливи;
- внутрішні впливи.

Враховуючи специфічні особливості висотного будівництва, планування і реалізація таких проектів відбувається в умовах мінливого зовнішнього середовища, вплив якого на стан проектів ускладнює прийняття раціональних рішень.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Управління проектами висотного будівництва передбачає прийняття раціональних рішень, спрямованих на зменшення вартості спорудження висотних будівель. Це досягається за рахунок підвищення ефективності використання ресурсів із одночасним забезпеченням вимог щодо економічності, енергоощадності, безпечності, якості та екологічності висотного будівництва.

Особливостям проектування та спорудження висотних будівель присвячено роботу [5]. Розглянуто містобудівні та архітектурно-конструктивні аспекти проектування висотних будівель. Встановлено вплив функціонального призначення та фактора висотності на вибір форми і структури висотної будівлі. Проте автором не досліджувались питання організації та управління проектами спорудження висотних будівель.

Дослідження, висвітлені в роботі [6], присвячені теорії та практиці сталого дизайну висотних будівель, проте розглядаються переважно архітектурні та технологічні складові висотного будівництва, поза увагою залишились процеси управління.

В роботі [7] приведено результати досліджень щодо застосовуваних схем реалізації інвестиційно-будівельних процесів. Виявлено неузгодженість багатьох рішень, деякі порушення технології та організації виробництва робіт, техніки безпеки, суттєве перевищення фактичних вартісних та часових показників

інвестиційних проектів над плановими. Причиною цього може бути низька якість передпроектних досліджень і вишукувань. Тому доцільним є подальше вдосконалення методичних підходів до проектування і функціонування системи прийняття управлінських рішень щодо спорудження висотних будівель із високим рівнем надійності.

Застосування системного підходу до розроблення та реалізації будівельних проектів представлено в роботі [8], в контексті складності управління проектами, пов'язаної з зацікавленими сторонами, і стійкості проектів у контексті постачання ресурсів. Новий погляд на ефективне управління проектами подано в дослідженні [9], в якому акцентовано увагу на принципах зеленого будівництва та екологічних будівель.

Роботу [10] присвячено обґрунтуванню організаційно-управлінських рішень в умовах мінливого зовнішнього середовища, з урахуванням ризику проекту. Відмінність запропонованого підходу полягає у відмові від апріорних припущень про стохастичність досліджуваних процесів і величин, а також у застосуванні теорії вимірювань. Проте такий підхід передбачає застосування достатньо складних аналітичних моделей, які водночас не виключають чинник суб'єктивізму. Тому потрібно застосовувати й інші підходи до обґрунтування та вибору управлінських рішень, зокрема статистичне моделювання.

В роботі [11] представлено авторський підхід до управління проектами, який ґрунтується на розробленні відповідних інструментів для умов конкретного проектно-орієнтованого підприємства. Він спрямований на забезпечення отримання максимального результату проекту в умовах певних ресурсних обмежень. Приділено увагу управлінню впливами з метою мінімізації їх можливої негативної дії на проект. Запропоновано застосовувати експертні оцінки до оцінювання пріоритетності параметрів проекту (часових, вартісних, якісних). Проте потрібно розширити множину враховуваних факторів впливу, а визначення фактора якості проекту потребує деталізації.

В роботі [12] сформовано підхід до оцінювання управлінської реалізованості календарних планів спорудження об'єктів будівництва з урахуванням ймовірнісної природи факторів впливу. Проте враховуються лише організаційно-технологічні процеси будівництва об'єктів житлово-цивільного призначення, які впливають на рівень управлінської реалізованості календарних планів. Не враховано системний вплив визначальних факторів при управлінні вартістю та ресурсами проектів.

В роботі [13] запропоновано методологічні принципи формування, оцінювання, обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень спорудження висотних багатофункціональних комплексів в умовах ущільненої міської забудови. Враховано вплив чинників висоти будівлі, складності проектування, будівництва та управління інвестиційно-будівельними проектами при обґрунтуванні рішень за критеріями вартості і тривалості. Ці рішення спрямовані на забезпечення введення в експлуатацію об'єктів із заданими техніко-економічними характеристиками. Проте залишились невирішеними питання, пов'язані з енергоефективністю та екологічністю висотних будівель.

Роботу [14] присвячено розробленню прикладного інструментарію організації біосферосумісного будівництва, реалізованого у форматі сучасного будівельного девелопменту на засадах екологізації та енергоощадності. Виявлено визначальні складові організації біосферосумісного будівництва. Проте в роботі [14] об'єктом управління є спортивно-оздоровчі комплекси, які не враховують специфічні характеристики висотних будівель та особливості їх технології і організації будівництва. Відповідно цей підхід потребує подальшого вдосконалення.

В роботі [15] розглядається завдання оцінювання інвестиційної привабливості будівельних проектів в умовах ризику та невизначеності. Запропоновано застосовувати методи математичної статистики при визначенні показників ефективності проектів. Враховано можливість оцінювання ефективності проекту за різних сценаріїв настання ризикових подій. Проте запропонований підхід не дає можливості одночасно порівнювати альтернативні варіанти проекту при різних значеннях його ключових параметрів, зокрема таких як економічність, енергоефективність, екологічність.

В роботі [16] проаналізовано переваги та недоліки різних методичних підходів до оцінювання рівня ризику, асоційованого з будівельним проектом. Однак розглянуті підходи передбачають застосування стандартного математичного апарату. Забезпечення раціонального управління проектами спорудження висотних будівель є складною проблемою, вирішення якої потребує системного підходу, заснованого на врахуванні множини факторів впливу, із відповідним обґрунтуванням методів визначення кількісних значень цих факторів, зокрема шляхом експертного оцінювання.

Роботу [17] присвячено аналітичному огляду робіт із питань вибору раціональних рішень у галузі цивільного будівництва із застосуванням багатокритерійної оптимізації. Запропоновано створення інтегрованої системи прийняття рішень, яка поєднує переваги як ВІМ-технологій, так і предметно-орієнтованого проектування. Разом із цим залишається невирішеним питання взаємозв'язку між різними критеріями при збільшенні кількості критеріїв, встановлення ієрархії критеріїв. Також не враховано особливості управління процесом будівництва висотних об'єктів в умовах невизначеності.

Робота [18] присвячена вдосконаленню системи оцінювання зелених будівель. Запропоновано при оцінюванні екологічності будівель враховувати комплексний вплив таких чинників, як внутрішнє середовище, матеріали та інтелектуальні системи. Враховано взаємозв'язок критеріїв, за якими здійснюється оцінювання екологічності будівель. Проте отримані результати не є збалансованими щодо інтересів усіх зацікавлених сторін.

В роботі [19] проаналізовано підходи до попереднього оцінювання інвестиційно-будівельних проектів із урахуванням стохастичного характеру процесів, що вказує на актуальність завдання, враховуючи стійку тенденцію до зростання обсягів висотного будівництва. Проте питання прогнозування та обґрунтування показників ефективності організаційно-технологічних рішень потребує системного підходу з урахуванням значної кількості визначальних факторів. Такі фактори є різнорозмірними величинами, а тому для визначення їх впливу потрібен відповідний математичний апарат. Для цього можливо використати, наприклад, теорію експертних оцінок, що застосовується у випадках складності проблеми, її новизни, не-

достатності наявної інформації або неможливості формалізації процесу прийняття рішення. Так, у роботі [20] наведено приклад застосування теорії експертних оцінок при визначенні найбільш доцільних методів ремонту і відновлення мереж водопостачання. Видається можливим поширення запропонованого підходу і на дослідження щодо вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель. Проте при застосуванні теорії експертних оцінок доцільно враховувати досвід найбільш успішних і подібних за основними показниками проектів.

Таким чином, на сьогодні відсутній єдиний підхід до вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель, як в частині врахування факторів впливу, так і в частині вибору критерію ефективності управління. Тому пропонується розглядати завдання управління проектами спорудження висотних будівель як завдання пошуку раціональних рішень, що найбільше відповідають бажаним (заданим) техніко-економічним характеристикам (показникам), на основі застосування статистичного моделювання проектів як керованих процесів. Разом із цим при виборі раціонального рішення доцільно враховувати вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів із дотриманням вимог щодо економічності, енергоощадності, безпечності, якості та екологічності. Для оцінювання рішень відносно цих факторів необхідно відшукати раціональне значення критерію ефективності управління. Він характеризуватиме якість прийнятого рішення і представлятиме екстремальне значення цільової функції, а також слугуватиме для порівняння альтернативних варіантів і вибору найбільш раціонального з них. З позиції замовника (інвестора) в якості одного з таких критеріїв доцільно розглядати мінімум вартості спорудження висотних будівель.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є розроблення підходу до вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель, який забезпечує ефективне використання ресурсів. Такий підхід спрямований на забезпечення економічності, енергоощадності, якості, безпечності та екологічності висотних будівель.

Для досягнення мети поставлено та вирішено такі завдання:

- систематизувати визначальні організаційно-технологічні, технічні та управлінські фактори, які характеризують специфічні вимоги до економічності, енергоефективності, якості, безпечності і екологічності висотних будівель протягом їх життєвого циклу (проектування, спорудження та експлуатація);
- формалізувати фактори, які здійснюють суттєвий вплив на прийняття раціональних рішень при управлінні проектами спорудження висотних будівель;
- розробити математичні моделі, які засновані на врахуванні системного впливу визначальних факторів і призначені для кількісного оцінювання рівня досягнення заданого результату, зокрема за критерієм вартості спорудження висотних будівель, на різних етапах управління проектами.

4. Матеріали та методи дослідження щодо раціонального управління проектами спорудження висотних будівель

Для дослідження щодо раціонального управління проектами спорудження висотних будівель було проаналізовано 25 проектів. Відомості про ці проекти

надано Комунальною організацією «Інститут Генерального плану м. Києва». Розглянуті будівлі висотою до 150 м поєднують у собі житлову, розважальну, офісну, торговельну функції та обладнані підземними паркінгами. Ці висотні будівлі належать до каркасних із діафрагмами жорсткості та рамно-в'язевих, з монолітним залізобетонним каркасом із цегляними ненесучими зовнішніми стінами; прямокутної форми в плані.

Для вирішення поставлених завдань застосовано такі методи дослідження:

- метод експертних оцінок – для відбору факторів, що здійснюють визначальний вплив на прийняття раціональних рішень при управлінні проектами спорудження висотних будівель;

- методи теорії ймовірності і математичної статистики, кореляційно-регресійний аналіз – для відбору, оброблення та аналізу вихідних даних, розроблення математичних моделей, які надають можливість отримання кількісних оцінок рівня досягнення заданого результату, зокрема щодо вартості спорудження висотних будівель, на різних етапах управління проектом.

Доцільність застосування саме методів експертного оцінювання для прийняття обґрунтованого рішення щодо відбору зі складеного переліку визначальних факторів обумовлена недостатністю статистичних даних щодо пріоритетності їх впливу на досліджувані показники.

Для виявлення множини потенційних експертів у галузі висотного будівництва доцільно застосувати найбільш поширений та ефективний метод «сніжного клубка». Метод «сніжного клубка» є ефективним, оскільки дозволяє виявити досить широке коло фахівців, містить багату латентну інформацію, яку можна виявити в результаті додаткового аналізу.

Для оцінювання компетентності спеціалістів досить продуктивним є метод оцінювання професійної компетентності на основі самооцінки за допомогою анкетного опитування. За цим методом компетентність експертів оцінюється коефіцієнтом компетентності, обчислюваним на основі суб'єктивного судження експерта про ступінь поінформованості про розв'язувану проблему і зазначення типових джерел аргументації своїх думок [21, 22].

Щоб можна було впевнено користуватися результатами вирішення завдань, необхідно мати достовірні вихідні дані. Єдиним шляхом отримання інформації в таких випадках є збір необхідних даних на інших аналогічних об'єктах і їх оброблення методами математичної статистики.

Оцінювання та обґрунтування достовірності, однорідності зібраної інформації та її підпорядкування закону нормального розподілу здійснюється за допомогою середньоквадратичного відхилення, коефіцієнта варіації, показника асиметрії, показника ексцесу.

Найбільш складним питанням при створенні математичних моделей є вибір форми зв'язку, тобто аналітичної функції, що пов'язує елементи досліджуваної системи.

Для моделювання зв'язку між факторними і результативним ознаками, тобто підбору відповідного рівняння регресії, систематизовані фактори піддаються кореляційно-регресійному аналізу після представлення їх у вигляді парних та багатфакторних моделей.

Для оцінювання якості (надійності) підбраного рівняння регресії застосовуються критерій Фішера, коефіцієнт детермінації [23].

5. Результати систематизації факторів впливу при раціональному управлінні проектами спорудження висотних будівель

При прийнятті раціональних рішень щодо управління проектами спорудження висотних будівель, спрямованих на забезпечення ефективного використання ресурсів, обов'язково враховуються такі чинники, як стисненість будівельного майданчика, методи організації будівництва, наявність площ для складування конструкцій, надійність організаційно-технологічних рішень, технологічність проектних рішень. Тому в цьому дослідженні ці чинники не розглядалися.

При формуванні переліку визначальних факторів зважали на специфічні особливості проектування, будівництва та експлуатації висотних будівель, те, що висотні будівлі належать до об'єктів із підвищеним рівнем відповідальності. Також враховували актуальні концепції сталого розвитку населених пунктів, зеленого будівництва та компактних міст, вивчали літературні джерела [24–28] і аналізували проектну та виконавчу будівельну документацію низки висотних об'єктів. На основі вищевикладеного сформовано перелік організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів, які найбільшою мірою визначають характер висотного будівництва і впливають на прийняття раціональних рішень при управлінні проектами спорудження висотних будівель:

1) організаційно-технологічні фактори:

- надійність будівельної організації ($f_{\text{над}}$);
- якість висотної будівлі ($f_{\text{як}}$);

2) технічні фактори:

- безпечність висотної будівлі ($f_{\text{б}}$);
- енергоефективність висотної будівлі ($f_{\text{ен}}$);
- екологічність висотної будівлі ($f_{\text{екол}}$);
- продуктивність праці ($f_{\text{прод}}$);
- гармонізація висотної будівлі з навколишнім середовищем ($f_{\text{гарм}}$);
- раціональне міське землекористування ($f_{\text{т}}$);

3) управлінські фактори:

- кваліфікація будівельного персоналу ($f_{\text{кв}}$);
- компетентність адміністративно-управлінського персоналу ($f_{\text{ком}}$);
- мотивація персоналу ($f_{\text{мот}}$);
- оптимальна експлуатація висотної будівлі ($f_{\text{експл}}$).

В цьому дослідженні під надійністю будівельної організації розуміється можливість реалізації інтересів учасників проекту висотного будівництва.

Якість висотної будівлі визначається її надійністю, довговічністю, технологічністю, корисністю, естетичністю.

Під безпечністю висотної будівлі мається на увазі її властивість при експлуатації не створювати загрози для життя і здоров'я людей, а також для довкілля.

Енергоефективність висотної будівлі – це її властивість, яка характеризується кількістю енергії, необхідної для забезпечення нормальної життєдіяльності людей.

Екологічність висотної будівлі передбачає мінімізацію її впливів на навколишнє середовище.

Продуктивність праці характеризується співвідношенням обсягу робіт та кількістю праці, витраченої на їх виконання.

Гармонізація висотної будівлі з навколишнім середовищем передбачає, що будівля повинна не лише не порушувати довкілля, а й покращувати його.

Рациональне міське землекористування означає ефективне, безпечне, інвестиційно-привабливе і стає землекористування, з урахуванням цінності міських територій.

Кваліфікація будівельного персоналу визначається середнім тарифним коефіцієнтом бригад, що задіяні у висотному будівництві.

Компетентність адміністративно-управлінського персоналу визначається наявністю комунікативних навичок, креативністю, інноваційністю, орієнтацією на результат, гнучкістю, адаптивністю, наявністю досвіду роботи, фаховістю, лідерством, організацією і контролем за діяльністю, мотивацією і розвитком персоналу.

Мотивація персоналу – вплив на працівників із метою формування в них потреби у високопродуктивній праці, посилення зацікавленості в покращенні кінцевих результатів діяльності. Може здійснюватись шляхом матеріальної, трудової, статусної мотивації.

Оптимальна експлуатація висотної будівлі передбачає мінімізацію капітальних вкладень та поточних витрат на її утримання.

До експертного оцінювання ступеня впливу вищезазначених факторів на рівень досягнення заданого результату проекту за обраним критерієм ефективності управління було залучено 20 експертів. До складу експертів входили науковці закладів вищої освіти будівельного профілю та фахівці проектно-будівельних організацій. Кількість експертів визначалась відповідно до рекомендацій [21, 22].

Результати опитування експертів зведено в табл. 1.

На основі даних табл. 1 визначено коефіцієнт конкордації думок експертів, який дорівнює 0,75, що свідчить про досить високу узгодженість думок експертів.

Для оцінки значущості коефіцієнту конкордації застосовуємо критерій Пірсона (χ^2 -критерій), який дорівнює $\chi^2=165$.

Табличне значення χ^2 -критерію для $P(\chi^2)=0,05$ та числа ступенів свободи $d.f.=12-1=11$ дорівнює $\chi^2_{\text{табл}}=19,68$.

Оскільки $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл}}$, то думки експертів вважаються достатньо узгодженими.

За даними табл. 1 побудовано діаграму сумарних рангів досліджуваних факторів (рис. 1).

За даними рис. 1, зважаючи на значення середнього рангу, яке дорівнює 130, зроблено висновок про фактори, що здійснюють визначальний вплив на рівень досягнення заданого результату проекту за критерієм вартості спорудження висотних будівель. З досліджуваних 12 факторів найбільший вплив на вартість спорудження висотних будівель здійснюють фактори $f_{\text{як}}$, $f_{\text{б}}$, $f_{\text{ен}}$, $f_{\text{екол}}$, $f_{\text{експл}}$, оскільки сумарні ранги цих факторів є мінімальними.

Таблиця 1

Результати опитування експертів щодо впливу систематизованих факторів на рівень досягнення заданого результату проекту

Експерти	Фактори												Сума
	f_b	$f_{ен}$	$f_{як}$	$f_{екол}$	$f_{гарм}$	f_T	$f_{експл}$	$f_{кв}$	$f_{ком}$	$f_{прод}$	$f_{мот}$	$f_{над}$	
1	1	4	2	3	12	5	9	7	8	11	10	6	78
2	1	3	2	5	10	7	8	12	6	9	11	4	78
3	3	2	1	6	7	4	8	9	11	10	12	5	78
4	1	3	2	4	12	9	8	5	6	11	10	7	78
5	4	3	1	2	11	12	7	6	8	10	9	5	78
6	2	4	1	3	12	7	6	9	8	10	11	5	78
7	5	2	1	3	11	4	6	8	7	12	10	9	78
8	5	1	2	4	12	8	3	6	9	7	11	10	78
9	5	2	1	3	7	12	4	9	10	6	11	8	78
10	3	4	1	2	12	10	5	9	6	11	8	7	78
11	1	4	2	3	10	12	7	6	9	11	8	5	78
12	2	4	1	3	11	9	8	7	10	6	12	5	78
13	1	3	2	4	11	6	5	7	8	10	12	9	78
14	2	1	4	3	6	5	7	8	9	10	12	11	78
15	1	2	3	6	11	12	5	10	9	7	8	4	78
16	1	2	3	4	6	7	5	12	11	8	10	9	78
17	1	3	2	5	11	8	9	7	6	10	12	4	78
18	1	3	4	2	11	7	5	8	9	10	12	6	78
19	2	3	1	6	11	9	4	7	10	8	12	5	78
20	1	3	2	6	7	4	5	9	11	10	12	8	78
t_j	43	56	38	77	201	157	124	161	171	187	213	132	1560
Δ_j	-87	-74	-92	-53	71	27	-6	31	41	57	83	2	0
Δ_j^2	7569	5476	8464	2809	5041	729	36	961	1681	3249	6889	4	42908

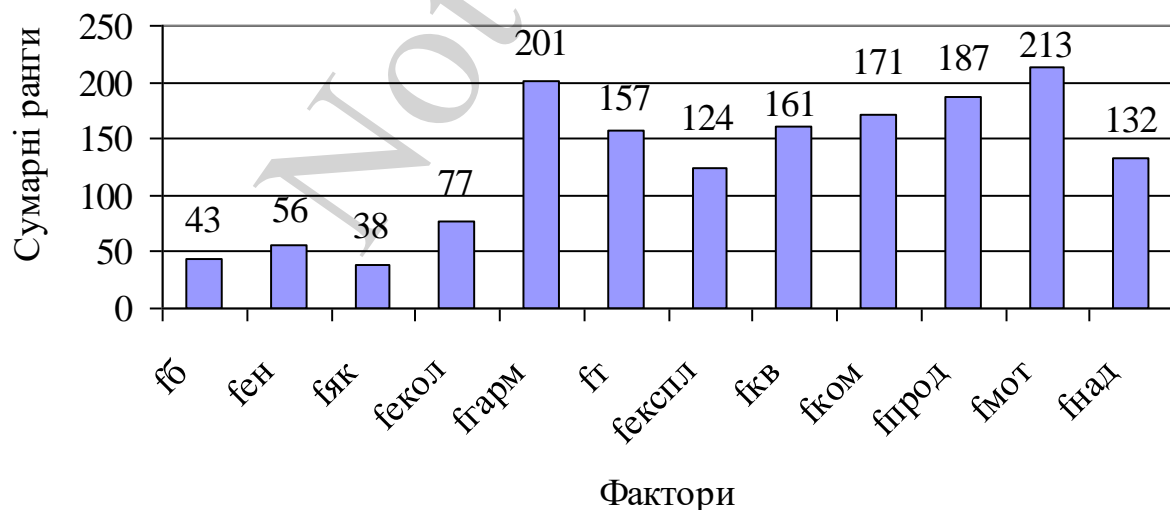


Рис. 1. Діаграма сумарних рангів досліджуваних факторів за результатами експертного оцінювання

Отже, організаційно-технологічними, технічними та управлінськими факторами, що здійснюють визначальний вплив на вартість спорудження висотних

будівель, є: з організаційно-технологічних факторів – якість висотної будівлі ($f_{\text{як}}$), з технічних факторів – безпечність висотної будівлі ($f_{\text{б}}$), енергоефективність висотної будівлі ($f_{\text{ен}}$), екологічність висотної будівлі ($f_{\text{екол}}$), з управлінських факторів – оптимальна експлуатація висотної будівлі ($f_{\text{експл}}$).

6. Результати формалізації факторів впливу при раціональному управлінні проектами спорудження висотних будівель

Для кількісної оцінки вищезазначених факторів доцільно скористатися безрозмірними факторами, значення яких змінюються в межах від 0 до 1.

З урахуванням цього формалізовано фактори, які здійснюють визначальний вплив на вартість висотного будівництва.

Отже, вартість висотного будівництва (C) залежить від якості, безпечності, енергоефективності, екологічності, оптимальної експлуатації висотної будівлі:

$$C = f(f_{\text{як}}, f_{\text{б}}, f_{\text{ен}}, f_{\text{екол}}, f_{\text{експл}}), \quad (3)$$

де $f_{\text{як}}$ – фактор якості висотної будівлі; $f_{\text{б}}$ – фактор безпечності висотної будівлі; $f_{\text{ен}}$ – фактор енергоефективності висотної будівлі; $f_{\text{екол}}$ – фактор екологічності висотної будівлі; $f_{\text{експл}}$ – фактор забезпечення оптимальної експлуатації висотної будівлі.

Ці характеристики формуються і споживаються протягом усіх стадій життєвого циклу висотних будівель.

Визначення значень кожного з факторів (якості, безпечності, енергоефективності, екологічності, оптимальної експлуатації) протягом повного життєвого циклу (проектування, будівництво, експлуатація) висотної будівлі здійснюється за допомогою методу експертних оцінок.

Якість висотної будівлі визначається за формулою:

$$f_{\text{як}} = \frac{\sum_{j=1}^m f_{\text{як}_j}}{m}, \quad (5)$$

де $f_{\text{як}_j}$ – j -та складова фактора якості висотної будівлі (рис. 2); m – кількість складових фактора якості висотної будівлі.

Безпечність висотної будівлі визначається за формулою:

$$f_{\text{б}} = f_{\text{б}_{\text{тер}}} \cdot w_{\text{б}_{\text{тер}}} + f_{\text{б}_{\text{буд}}} \cdot w_{\text{б}_{\text{буд}}}, \quad (6)$$

де $f_{\text{б}_{\text{тер}}}$, $f_{\text{б}_{\text{буд}}}$ – складові відповідно безпечності території та безпечності власне будівлі; $w_{\text{б}_{\text{тер}}}$, $w_{\text{б}_{\text{буд}}}$ – коефіцієнти вагомості складових відповідно безпечності території та безпечності власне будівлі.

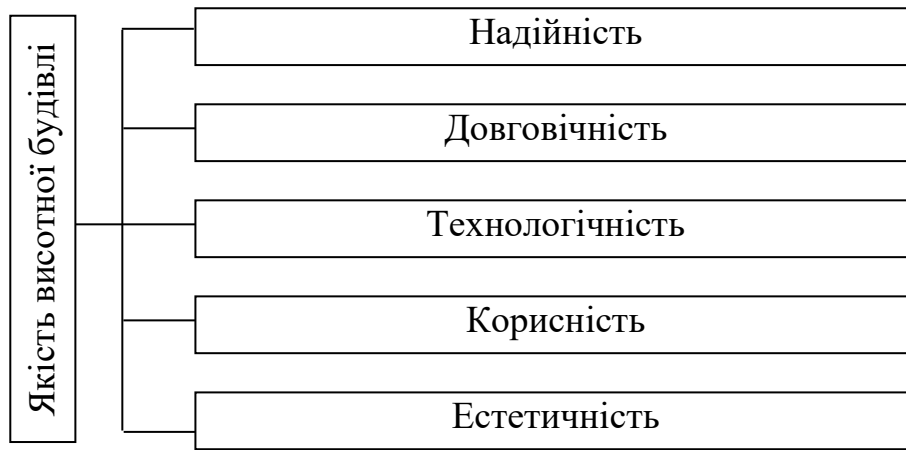


Рис. 2. Складові фактора якості висотної будівлі

Значення коефіцієнтів вагомості складових безпечності території ($w_{\delta_{\text{тер}}}$) та безпечності власне будівлі ($w_{\delta_{\text{буд}}}$) визначаються методом експертних оцінок, при цьому $w_{\delta_{\text{тер}}} + w_{\delta_{\text{буд}}} = 1$.

Складові безпечності території та безпечності власне будівлі представлені на рис. 3 та визначаються за такими формулами:

$$f_{\delta_{\text{тер}}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{\delta_{\text{тер}i}}}{n}, \quad (7)$$

де $f_{\delta_{\text{тер}i}}$ – i -та складова безпечності території висотної будівлі; n – кількість складових безпечності території висотної будівлі;

$$f_{\delta_{\text{буд}}} = \frac{\sum_{z=1}^w f_{\delta_{\text{буд}z}}}{w}, \quad (8)$$

де $f_{\delta_{\text{буд}z}}$ – z -та складова безпечності власне висотної будівлі; w – кількість складових безпечності власне висотної будівлі.

Для розрахунку фактора енергоефективності висотної будівлі пропонується формула:

$$f_{\text{ен}} = f_{\text{ен}_1} \cdot w_{\text{ен}_1} + f_{\text{ен}_2} \cdot w_{\text{ен}_2}, \quad (9)$$

де

$f_{\text{ен}_1}$ – складова фактора енергоефективності, яка характеризує покращення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (рис. 4);

$f_{ен_2}$ – складова фактора енергоефективності, яка характеризує споживання енергетичних ресурсів інженерними системами (рис. 4);

$w_{ен_1}$ – коефіцієнти вагомості складової фактора енергоефективності, яка характеризує покращення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій;

$w_{ен_2}$ – коефіцієнти вагомості складової фактора енергоефективності, яка характеризує споживання енергетичних ресурсів інженерними системами.

Значення коефіцієнтів вагомості складових фактора енергоефективності визначаються методом експертних оцінок, при цьому $w_{ен_1} + w_{ен_2} = 1$.

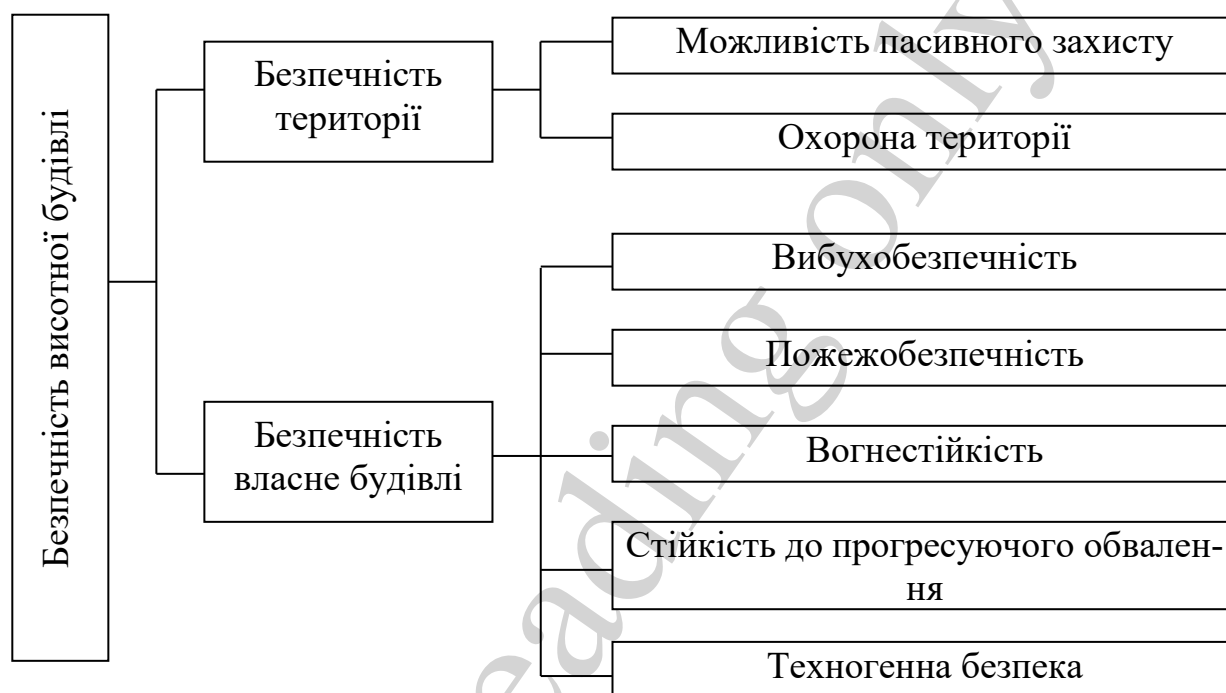


Рис. 3. Складові фактора безпеки висотної будівлі

Значення складової фактора енергоефективності, яка характеризує покращення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, розраховується за формулою:

$$f_{ен_1} = \frac{\sum_{k=1}^l f_{ен_{1k}}}{l}, \quad (10)$$

де $f_{ен_{1k}}$ – k -тий елемент складової фактора енергоефективності, яка характеризує покращення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (рис. 4); l – кількість елементів складової фактора енергоефективності, яка характеризує покращення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.



Рис. 4. Складові фактора енергоефективності висотної будівлі

Значення складової фактора енергоефективності, яка характеризує споживання енергетичних ресурсів інженерними системами, розраховується за формулою:

$$f_{\text{ен}_2} = \frac{\sum_{g=1}^h f_{\text{ен}_{2g}}}{h}, \quad (11)$$

де $f_{\text{ен}_{2g}}$ – g -тий елемент складової фактора енергоефективності, яка характеризує споживання енергетичних ресурсів інженерними системами (рис. 4); h – кількість елементів складової фактора енергоефективності, яка характеризує споживання енергетичних ресурсів інженерними системами.

Екологічність висотної будівлі пропонується визначати таким чином:

$$f_{\text{екол}} = f_{\text{екол}_1} \cdot w_{\text{екол}_1} + f_{\text{екол}_2} \cdot w_{\text{екол}_2}, \quad (12)$$

де

$f_{\text{екол}_1}$ – складова фактора екологічності зовнішнього середовища висотної будівлі (рис. 5);

$f_{\text{екол}_2}$ – складова фактора екологічності внутрішнього середовища висотної будівлі (рис. 5);

$w_{\text{екол}_1}$, $w_{\text{екол}_2}$ – коефіцієнти вагомості складових фактора екологічності відповідно зовнішнього і внутрішнього середовища висотної будівлі.

Значення коефіцієнтів вагомості складових фактора екологічності зовнішнього ($w_{\text{екол}_1}$) і внутрішнього середовища ($w_{\text{екол}_2}$) висотної будівлі визначаються за допомогою методу експертних оцінок, при цьому $w_{\text{екол}_1} + w_{\text{екол}_2} = 1$.

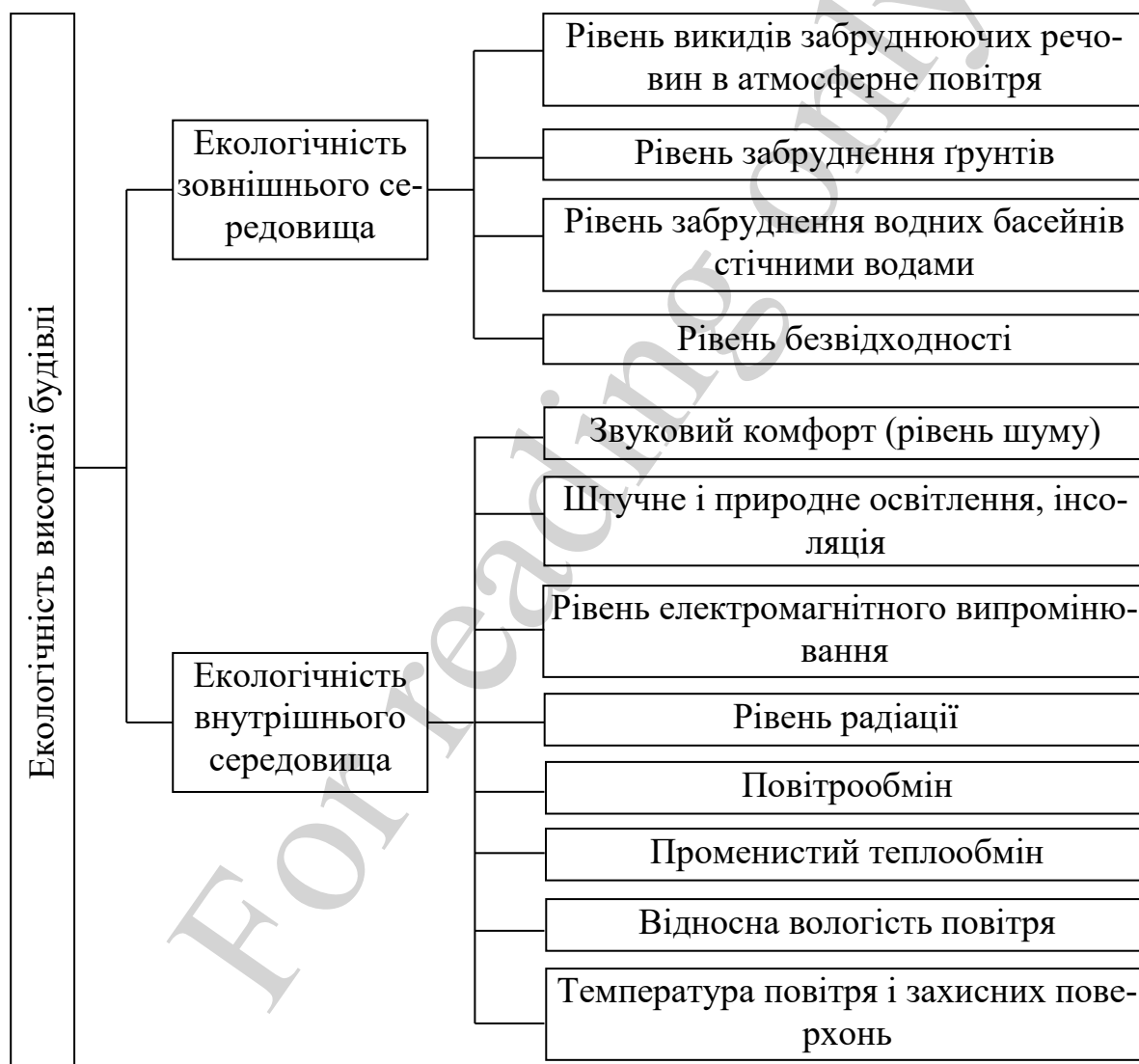


Рис. 5. Складові фактора екологічності висотної будівлі

Значення складової фактора екологічності зовнішнього середовища висотної будівлі розраховується за формулою:

$$f_{\text{екол}_1} = \frac{\sum_{p=1}^q f_{\text{екол}_1 p}}{q}, \quad (13)$$

де $f_{\text{екол}_1 p}$ – p -тий елемент складової фактора екологічності зовнішнього середовища висотної будівлі; q – кількість елементів складової фактора екологічності зовнішнього середовища висотної будівлі.

Значення складової фактора екологічності внутрішнього середовища висотної будівлі розраховується за формулою, аналогічною формулі (13).

Фактор забезпечення оптимальної експлуатації висотної будівлі визначається за формулою:

$$f_{\text{експл}} = \frac{\sum_{u=1}^v f_{\text{експл}_u}}{v}, \quad (14)$$

де $f_{\text{експл}_u}$ – u -та складова фактора забезпечення оптимальної експлуатації висотної будівлі (рис. 6); v – кількість складових фактора забезпечення оптимальної експлуатації висотної будівлі.

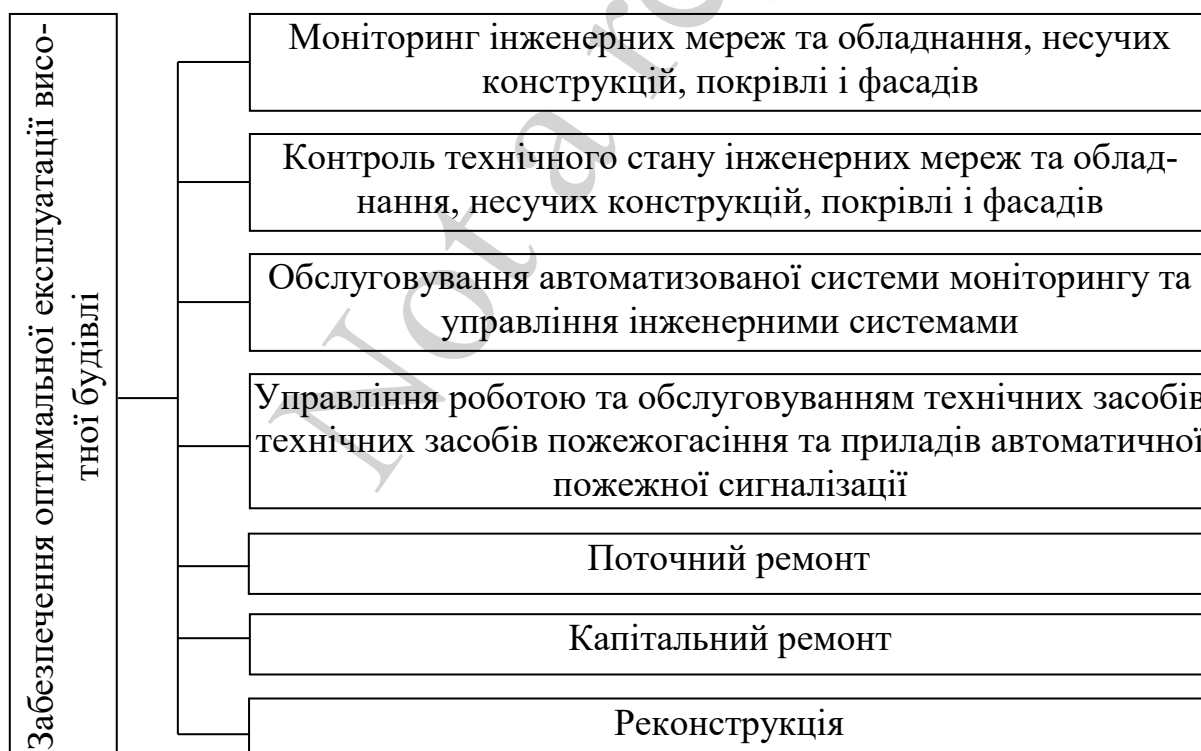


Рис. 6. Складові групи факторів забезпечення ефективної експлуатації висотної будівлі

Саме ці фактори потрібно враховувати при раціональному управлінні проектами спорудження висотних будівель.

7. Результати розроблення математичних моделей для раціонального управління проектами спорудження висотних будівель

В результаті збору і оцінювання вихідної інформації встановлено, що значення вартості спорудження висотних будівель та визначальних факторів змінювались у таких межах (табл. 2).

Таблиця 2

Статистичні характеристики досліджуваних показників та визначальних факторів

Статистичні характеристики	Найменування показників та факторів					
	$C, \text{ у.г.о./м}^2$	$f_{\text{як}}$	f_6	$f_{\text{ен}}$	$f_{\text{екол}}$	$f_{\text{експл}}$
Мінімальне значення	900	0,79	0,85	0,78	0,7	0,72
Максимальне значення	2400	0,9	0,94	0,91	0,88	0,86
Середнє значення	1869,2	0,822	0,9	0,847	0,781	0,775
Середньоквадратичне відхилення	356,757	0,027	0,032	0,038	0,046	0,031
Коефіцієнт варіації	19,086	3,3087	3,579	4,435	5,908	4,063
Показник асиметрії	-1,177	1,134	-0,298	-0,027	0,25	1,029
Показник ексцесу	0,948	1,412	-1,59	-0,778	-0,566	1,678
A/m_a	-2,4	2,315	-0,609	-0,055	0,51	2,101
E/m_e	0,96787	1,441	-1,623	-0,794	-0,578	1,713

Примітка: A – показник асиметрії, E – показник ексцесу, m_a – помилка асиметрії, m_e – помилка ексцесу

Згідно з даними, представленими в табл. 2, можна зробити висновок, що вихідна інформація є достовірною та однорідною, підпорядковується закону нормального розподілу і може бути використана в процесі моделювання зв'язку між факторними і результативними ознаками.

За результатами аналізу всіх типів залежностей вартості висотного будівництва від визначальних факторів відібрано моделі, що посідають перше місце за якістю апроксимації експериментальних досліджень (табл. 3).

З метою уточнення отриманих парних моделей і врахування взаємного комплексного впливу визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів на рівень досягнення заданого результату за критерієм вартості спорудження висотних будівель проаналізовано багатофакторні моделі.

За результатами аналізу всіх типів залежностей вартості висотного будівництва від організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів

відібрано моделі, які посідають перше місце за якістю апроксимації експериментальних досліджень (табл. 4).

Таблиця 3

Парні моделі для раціонального управління проектами спорудження висотних будівель

Вид залежності	R	R^2 , %	Значення критерію Фішера	
			фактичне значення, F_ϕ	табличне значення, F_T
$C = 11182,0 - \frac{7649,99}{f_{\text{як}}}$	-0,83	69,99	53,64	4,28
$C = 2823,06 + 8983,46 \cdot \ln f_6$	0,906	82,15	105,86	4,28
$C = 3120,57 + 7508,6 \cdot \ln f_{\text{ен}}$	0,935	87,51	161,22	4,28
$C = 3263,66 + 5596,55 \cdot \ln f_{\text{екол}}$	0,923	85,25	132,92	4,28
$C = 3868,41 + 7817,21 \cdot \ln f_{\text{експл}}$	0,875	76,6	75,28	4,28

Примітка: R – коефіцієнт кореляції; R^2 – коефіцієнт детермінації.

Таблиця 4

Багатофакторні моделі для раціонального управління проектами спорудження висотних будівель

Вид залежності	R^2 , %	F_ϕ	F_T
$C = -7225 + 6861,5 \cdot f_6 + 3767,81 \cdot f_{\text{експл}}$	84,63	60,6	3,44
$C = -1095,94 - 6617,37 \cdot f_{\text{як}} + 10766,8 \cdot f_{\text{екол}}$	85,59	65,3	3,44
$C = -4028,38 + 8933,98 \cdot f_{\text{ен}} - 9579,04 \cdot f_{\text{як}} + 8006,39 \cdot f_{\text{експл}}$	88,4	53,2	3,07
$C = -298,872 - 15532,8 \cdot f_{\text{як}} + 9409,18 \cdot f_{\text{екол}} + 9799,58 \cdot f_{\text{експл}}$	88,4	53,3	3,07
$C = -5000,55 + 8418,66 \cdot f_6 - 15423,7 \cdot f_{\text{як}} + 15455,7 \cdot f_{\text{експл}}$	89,8	61,7	3,07
$C = -2657,5 + 5556,65 \cdot f_6 - 16886,1 \cdot f_{\text{як}} + 4897,17 \cdot f_{\text{екол}} + 12373 \cdot f_{\text{експл}}$	91,6	54,6	2,87

Запропоновані математичні моделі засновані на врахуванні системного впливу визначальних факторів і дають можливість для кількісного оцінювання рівня досягнення заданого результату, зокрема за критерієм вартості спорудження висотних будівель, за наявною на конкретному етапі управління проектом інформацією.

При надходженні додаткової інформації, зокрема щодо умов спорудження висотних будівель та ресурсних обмежень, на наступних етапах висотного будівництва очікувана вартість може уточнюватися.

Наприклад, у разі зміни динаміки інвестицій, умов постачання ресурсів, ринкової кон'юнктури тощо відбуватимуться коригуючі впливи, зокрема у вигляді змін тривалості етапів, що, в свою чергу, позначатиметься на вартості висотного будівництва.

8. Обговорення результатів щодо вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель

За результатами досліджень розроблено підхід до вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель, який забезпечує ефективне використання ресурсів.

Результати проведення досліджень щодо систематизації факторів впливу, представлені в табл. 1, свідчать, що за результатами експертного опитування визначальний вплив здійснюють фактори: якості, безпечності, енергоефективності, екологічності та оптимальної експлуатації висотної будівлі. Такі результати пояснюються орієнтацією проектно-будівельних організацій на екологізацію інвестиційно-будівельних проектів та енергоефективне будівництво.

Ці результати зумовили необхідність продовження досліджень, а саме щодо формалізації визначальних факторів впливу при раціональному управлінні проектами спорудження висотних будівель, наведені на рис. 2–6 та у формулах (5)–(14). Їх наявність дозволяє отримати кількісні значення факторів впливу, що є передумовою застосування при статистичному моделюванні.

За результатами моделювання зв'язку між факторними і результативними ознаками встановлено найбільш статистично достовірні парні (табл. 3) і багатфакторні моделі (табл. 4) для раціонального управління проектами спорудження висотних будівель. Оцінювання встановлених залежностей вартості висотного будівництва від визначальних факторів за критерієм Фішера, а також практична апробація в проектно-будівельних організаціях підтвердила їх адекватність реальному процесу управління проектами спорудження висотних будівель. Розроблені моделі, завдяки врахуванню системного впливу визначальних факторів, дають можливість для кількісного оцінювання рівня досягнення заданого результату, зокрема за критерієм вартості спорудження висотних будівель. Це пояснюється тим, що вартість є керованим параметром, за яким кінцеві результати оцінюються з точки зору відповідності фактичного стану проекту запланованому, відповідності одержаного результату проекту вимогам інвестора.

Основною особливістю розробленого підходу є те, що, управляючи змінами значень факторів впливу, в межах заданих ресурсних обмежень, отримуємо різні варіанти рішень із відповідними значеннями вартості спорудження висотних будівель. Вибір найбільш раціонального рішення з отриманих варіантів здійснюватиме замовник (інвестор) залежно від можливостей і побажань.

Дискусійним питанням проведеного дослідження є зміна вартості в часі, проте цей недолік може бути усунутий шляхом застосування: коефіцієнту, що визначається на основі показників опосередкованої вартості житла в регіонах; індексів інфляції; індексів зміни вартості будівельно-монтажних робіт.

Обмеження щодо застосування результатів цього дослідження полягає в тому, що вони стосуються лише каркасних із діафрагмами жорсткості та рамно-в'язевих, з монолітним залізобетонним каркасом будівель висотою до 150 м.

Розвиток наведених досліджень передбачає розширення множини враховуваних факторів впливу, на основі яких формується рішення щодо вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель.

9. Висновки

1. Для вибору раціонального управління проектами спорудження висотних будівель пропонується застосовувати підхід, який ґрунтується на пошуку рішень, що найбільше відповідають бажаним (заданим) техніко-економічним характеристикам (показникам), на основі застосування статистичного моделювання проектів як керованих процесів. Разом із цим при виборі раціонального рішення доцільно враховувати вплив визначальних організаційно-технологічних, технічних та управлінських факторів із дотриманням вимог щодо економічності, енергоощадності, безпечності, якості та екологічності. До складу організаційно-технологічних факторів включено: надійність будівельної організації, якість висотної будівлі. До розглянутих технічних факторів віднесено: безпечність висотної будівлі, енергоефективність висотної будівлі, екологічність висотної будівлі, продуктивність праці, гармонізація висотної будівлі з навколишнім середовищем, раціональне міське землекористування. До управлінських факторів включено: кваліфікацію будівельного персоналу, компетентність адміністративно-управлінського персоналу, мотивацію персоналу, оптимальну експлуатацію висотної будівлі. Оцінювання рішень відносно цих факторів потребує відшукування раціонального значення критерію ефективності управління. Він характеризуватиме якість прийнятого рішення і представлятиме екстремальне значення цільової функції, а також слугуватиме для порівняння альтернативних варіантів і вибору найбільш раціонального з них. З позиції замовника (інвестора) в якості одного з таких критеріїв доцільно розглядати мінімум вартості спорудження висотних будівель.

2. За допомогою методів експертних оцінок відібрано множину факторів, які характеризують специфічні особливості процесу спорудження висотних будівель та суттєво впливають на рівень досягнення заданого результату проекту, зокрема за критерієм вартості. Виконано формалізацію факторів, що здійснюють найбільший вплив на вартість спорудження висотних будівель: якість висотної будівлі, безпечність висотної будівлі, енергоефективність висотної будівлі, екологічність висотної будівлі, оптимальна експлуатація висотної будівлі.

3. За результатами моделювання отримані статистично достовірні моделі, які засновані на врахуванні системного впливу визначальних факторів і надають кількісні оцінки рівня досягнення заданого результату на різних етапах управління проектом. Ці моделі не протирічають нормативним процедурам розроблення і затвердження проектної документації. Вони створюють передумови для формування проектних рішень, визначаючи напрямки досягнення поставленої мети, а за умови наявності альтернативних варіантів є науково-обґрунтованим інструментарієм вибору раціонального з них за критерієм вартості. Застосування розробленого підходу дозволяє досягати раціональних значень прогнозова-

них показників у конкретних умовах виконання будівельно-монтажних робіт та в межах заданих ресурсних обмежень. Оперуючи прогнозованими оцінками очікуваних результатів, інвестори мають можливість відкоригувати свої цілі та обрати найбільш раціональний варіант реалізації проекту.

Література

1. Гончаренко, Д. Ф., Карпенко, Ю. В., Меерсдорф, Е. И. (2013). Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий. К.: А+С, 128.
2. Beedle, L. S., Ali, M. M., Armstrong, P. J. (2007). The skyscraper and the city: design, technology, and innovation. Lewiston: Edwin Mellen Press.
3. Tamboli, A. R. (2014). Tall and supertall buildings: planning and design. McGraw-Hill.
4. Кравчуновська, Т. С., Броневицький, С. П., Ковальов, В. В., Данилова, Т. В., Ткач, Т. В. (2019). Планування розміщення і організація будівництва та реконструкції об'єктів доступного житла з урахуванням містоформуючих особливостей територій великих міст. Дніпро: Літограф, 228.
5. Маклакова, Т. Г. (2008). Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования. М.: АСВ, 160.
6. Yeang, K. (Ed.) (2011). Green design: from theory to practice. London: Black Dog, 144.
7. Млодецкий, В. Р., Тянь, Р. Б., Попова, В. В., Мартыш, А. А. (2013). Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве. Днепропетровск: Наука и образование, 194.
8. Walker, A. (2015). Project management in construction. New Jersey: Wiley-Blackwell, 352.
9. Levy, S. M. (2012). Project management in construction. New York: McGraw-Hill, 496.
10. Zaiats, Y. I., Kravchunovska, T. S., Kovalov, V. V., Kirnos, O. V. (2018). Risk level assessment while organizational-managerial decision making in the condition of dynamic external environment. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 123–129. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/24>
11. Teslia, I., Yehorchukov, O., Khlevna, I., Khlevnyi, A. (2018). Development of the concept and method of building of specified project management methodologies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (95)), 6–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142707>
12. Заяць, Є. І., Млодецький, В. Р., Ткач, Т. В., Мартиш, О. О. (2019). Методи забезпечення управлінської реалізованості календарних планів зведення об'єктів будівництва. Дніпро: Акцент-ПП, 148.
13. Заяць, Є. І. (2015). Зведення висотних багатфункціональних комплексів: організаційно-технологічні аспекти. Дніпропетровськ: ПДАБА, 208.
14. Чернишев, Д. О. (2017). Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва. К.: КНУБА, 294.
15. Sizova, N., Starkova, O., Solodovnik, G., Dolgova, N. (2019). Development of a computer model for evaluating the alternative options of an investment and construction project under conditions of uncertainty and risk. *Eastern-*

European Journal of Enterprise Technologies, 6 (3 (102)), 66–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184376>

16. Литвиненко, О. В. (2015). Оцінка ризику та забезпечення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельних проектів. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 33, 184–190.

17. Zavadskas, E., Antucheviciene, J., Vilutiene, T., Adeli, H. (2017). Sustainable Decision-Making in Civil Engineering, Construction and Building Technology. Sustainability, 10 (2), 14. doi: <https://doi.org/10.3390/su10010014>

18. Shao, Q.-G., Liou, J., Weng, S.-S., Chuang, Y.-C. (2018). Improving the Green Building Evaluation System in China Based on the DANP Method. Sustainability, 10 (4), 1173. doi: <https://doi.org/10.3390/su10041173>

19. Ковалев, В. В., Кирнос, О. В. (2018). Современные подходы к предварительной оценке инвестиционно-строительных проектов с учетом стохастичности процессов. Нові технології в будівництві, 34, 39–42.

20. Гончаренко, Д. Ф., Вевелер, Х., Алейникова, А. И. (2015). Эксплуатация, ремонт и восстановление трубопроводов водоснабжения. Х.: Раритеты Украины, 280.

21. Крючковский, В. В., Петров, Э. Г., Соколова, Н. А., Ходаков, В. Е. (2011). Интроспективный анализ. Методы и средства экспертного оценивания. Херсон: Гринь Д.С., 168.

22. Орлов, А. И. (2011). Организационно-экономическое моделирование. Ч. 2: Экспертные оценки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 486.

23. Ершова, Н. М., Скрипник, В. П. (2011). Экономико-математические методы и модели принятия решений в условиях определенности, неопределенности и риска. Днепропетровск: ПГАСА, 350.

24. Ковальов, В. В., Данилова, Т. В., Єпіфанцева, С. В. (2018). Систематизація організаційно-технологічних та інших факторів, які впливають на вартість будівництва об'єктів, з урахуванням вимог щодо їх енергоефективності і екологічності. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 6, 57–64. doi: <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.261218.57.448>

25. Ковальов, В. В., Кравчуновська, Т. С., Данилова, Т. В., Єпіфанцева, С. В. (2019). Формування вимог до об'єктів будівництва протягом їх повного життєвого циклу. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 39 (1), 179–186.

26. Кобелева, С. А. (2013). Сценарии развития жилищного строительства с учётом влияния экологических факторов. Строительство и реконструкция, 3 (47), 33–38.

27. Лаптева, А. Ю., Червона, А. О. (2015). Надійність будівельної організації та її оцінка (на прикладі ТОВ "Макрокап Девелопмент Україна"). Науковий вісник будівництва, 1, 248–251.

28. Савицький, М. В., Бендерський, Ю. Б., Бабенко, М. М. (2014). Оцінка екологічних параметрів об'єктів будівництва. Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво, 1 (3 (42)), 144–149. URL: http://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/2014/42_1/144-149.pdf